

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP2006/307155

International filing date: 29 March 2006 (29.03.2006)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP
Number: 2005-229815
Filing date: 08 August 2005 (08.08.2005)

Date of receipt at the International Bureau: 20 April 2006 (20.04.2006)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

29. 3. 2006

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日
Date of Application: 2005年 8月 8日

出願番号
Application Number: 特願2005-229815

パリ条約による外国への出願
に用いる優先権の主張の基礎
となる出願の国コードと出願
番号

The country code and number
of your priority application,
to be used for filing abroad
under the Paris Convention, is

JP2005-229815

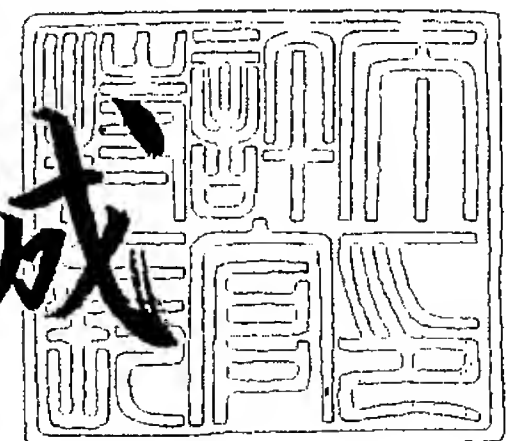
出願人
Applicant(s): 株式会社東芝

2005年11月 1日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

中嶋

誠



【書類名】 特許願
【整理番号】 13B051025
【提出日】 平成17年 8月 8日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 H01L 41/00
H01L 41/047
H01L 41/083

【発明者】
【住所又は居所】 神奈川県川崎市幸区小向東芝町 1 番地 株式会社東芝 研究開発
センター内
【氏名】 板谷 和彦

【発明者】
【住所又は居所】 神奈川県川崎市幸区小向東芝町 1 番地 株式会社東芝 研究開発
センター内
【氏名】 尾原 亮一

【発明者】
【住所又は居所】 神奈川県川崎市幸区小向東芝町 1 番地 株式会社東芝 研究開発
センター内
【氏名】 佐野 賢也

【発明者】
【住所又は居所】 神奈川県川崎市幸区小向東芝町 1 番地 株式会社東芝 研究開発
センター内
【氏名】 安本 恭章

【発明者】
【住所又は居所】 神奈川県川崎市幸区小向東芝町 1 番地 株式会社東芝 研究開発
センター内
【氏名】 梁瀬 直子

【特許出願人】
【識別番号】 000003078
【氏名又は名称】 株式会社 東芝

【代理人】
【識別番号】 100083806
【弁理士】
【氏名又は名称】 三好 秀和
【電話番号】 03-3504-3075

【選任した代理人】
【識別番号】 100100712
【弁理士】
【氏名又は名称】 岩▲崎▼ 幸邦

【選任した代理人】
【識別番号】 100100929
【弁理士】
【氏名又は名称】 川又 澄雄

【選任した代理人】
【識別番号】 100108707
【弁理士】
【氏名又は名称】 中村 友之

【選任した代理人】
【識別番号】 100095500
【弁理士】
【氏名又は名称】 伊藤 正和
【選任した代理人】
【識別番号】 100101247
【弁理士】
【氏名又は名称】 高橋 俊一
【選任した代理人】
【識別番号】 100098327
【弁理士】
【氏名又は名称】 高松 俊雄
【手数料の表示】
【予納台帳番号】 001982
【納付金額】 16,000円
【提出物件の目録】
【物件名】 特許請求の範囲 1
【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

空洞を有する基板と、
前記空洞上の第 1 の電極と、
前記第 1 の電極上の圧電体と、
前記圧電体上の第 2 の電極と、を備え、
前記第 2 の電極の周縁の一部が前記空洞に重複配置され、この第 2 の電極の周縁の一部の端面とその底面とがなす内角を 3 0 度以下に設定したことを特徴とする薄膜圧電共振器。

【請求項 2】

前記第 2 の電極の周縁の一部の端面とその底面とがなす内角が 1 5 度以上に設定されることを特徴とする請求項 1 に記載の薄膜圧電共振器。

【請求項 3】

前記空洞は前記基板の表面からその裏面に貫通する貫通穴であることを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の薄膜圧電共振器。

【請求項 4】

前記空洞は前記基板の表面からその深さ方向に向かって掘り下げられた止め穴であり、この空洞内には音響反射層が埋設されていることを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の薄膜圧電共振器。

【請求項 5】

前記第 2 の電極の周縁の一部の端面上を含む前記第 2 の電極上、及び前記第 2 の電極が配設された領域以外の前記圧電体上に、前記第 2 の電極と異なる誘電率を有する絶縁体を更に備えたことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 4 のいずれかに記載の薄膜圧電共振器。

【請求項 6】

前記絶縁体は、シリコン酸化膜、シリコン窒化膜又はアルミニウム窒化膜であることを特徴とする請求項 5 に記載の薄膜圧電共振器。

【請求項 7】

空洞を有する基板と、
前記空洞上の第 1 の電極と、
前記第 1 の電極上の圧電体と、
前記圧電体上に配設され、周縁の一部が前記空洞に重複配置される第 2 の電極と、
前記第 2 の電極上及び前記第 2 の電極が配設された領域以外の前記圧電体上に配設され、前記第 2 の電極の周縁上の膜厚に比べて中央部上の膜厚が薄い絶縁体と、
を備えたことを特徴とする薄膜圧電共振器。

【請求項 8】

前記絶縁体は、前記第 2 の電極の前記周縁から前記中央部に向かう $1\ \mu\text{m} \sim 10\ \mu\text{m}$ の範囲内において厚い膜厚を有し、それ以外の領域において薄い膜厚を有していることを特徴とする請求項 7 に記載の薄膜圧電共振器。

【請求項 9】

前記絶縁体は、前記第 2 の電極の前記周縁から前記中央部に向かう $2\ \mu\text{m} \sim 5\ \mu\text{m}$ の範囲内において厚い膜厚を有し、それ以外の領域において薄い膜厚を有していることを特徴とする請求項 7 に記載の薄膜圧電共振器。

【請求項 10】

前記絶縁体は、シリコン酸化膜、シリコン窒化膜又はアルミニウム窒化膜であることを特徴とする請求項 7 乃至請求項 9 のいずれかに記載の薄膜圧電共振器。

【請求項 11】

前記空洞内には音響反射層が埋設されていることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 10 のいずれかに記載の薄膜圧電共振器。

【請求項 12】

空洞を有する基板と、

前記空洞上の第 1 の電極と、
前記第 1 の電極上の圧電体と、
前記圧電体上に配設され、周縁の一部が前記空洞に重複配置され、この周縁の一部の端面とその底面とがなす内角を 3 0 度以下に設定した第 2 の電極と、
前記第 2 の電極上及び前記第 2 の電極が配設された領域以外の前記圧電体上に配設され、前記第 2 の電極の周縁上の膜厚に比べて中央部上の膜厚が薄い絶縁体と、
を備えたことを特徴とする薄膜圧電共振器。

【請求項 1 3】

前記第 2 の電極の周縁の一部の端面とその底面とがなす内角が 1 5 度以上に設定されることを特徴とする請求項 1 1 に記載の薄膜圧電共振器。

【請求項 1 4】

空洞を有する基板と、
前記空洞上の第 1 の電極と、
前記第 1 の電極上の圧電体と、
前記圧電体上に配設され、周縁の一部が前記空洞に重複配置された第 2 の電極と、
前記第 2 の電極上及び前記第 2 の電極が配設された領域以外の前記圧電体上に配設され、前記圧電体上の膜厚、前記第 2 の電極の周縁上の前記圧電体表面からの膜厚、前記第 2 の電極上の前記圧電体表面からの膜厚が順次厚く設定された絶縁体と、
を備えたことを特徴とする薄膜圧電共振器。

【請求項 1 5】

基板に空洞を形成する工程と、
前記空洞上に第 1 の電極を形成する工程と、
前記第 1 の電極上に圧電体を形成する工程と、
前記圧電体上に電極形成層を形成する工程と、
前記電極形成層上に周縁の一部が前記空洞に重複配置されるレジスト層を形成する工程と、
底面とのなす内角が鋭角になる範囲内において前記レジスト層の端面を加工したマスクを形成する工程と、
前記マスクを使用し前記電極形成層をパターンニングすることにより第 2 の電極を形成するとともに、前記マスクの加工された端面の形状を前記第 2 の電極の端面に転写し、この第 2 の電極の端面を底面とのなす内角が鋭角になる範囲内において加工する工程と、
を備えたことを特徴とする薄膜圧電共振器の製造方法。

【請求項 1 6】

前記マスクを形成する工程は、前記レジスト層にベーキング処理を行い端面を加工したマスクを形成する工程であることを特徴とする請求項 1 5 に記載の薄膜圧電共振器の製造方法。

【請求項 1 7】

前記第 2 の電極を形成するとともに、前記第 2 の電極の端面を加工する工程は、前記マスクを使用して前記電極形成層にドライエッチングを行い、前記第 2 の電極を形成すると同時に、前記第 2 の電極の端面を加工する工程であることを特徴とする請求項 1 5 に記載の薄膜圧電共振器の製造方法。

【書類名】 明細書

【発明の名称】 薄膜圧電共振器及びその製造方法

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、薄膜圧電共振器及びその製造方法に関し、特に圧電体薄膜の厚み方向の縦振動を利用する薄膜圧電共振器及びその製造方法に関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

近年のワイヤレス無線技術はめざましい発展を遂げ、更に情報の高速伝送を目的とした開発が続けられている。これら無線通信技術において、P H S システム、第 3 世代携帯通信、無線 L A N 等の導入により、2 G H z 前後の周波数帯域が市場にて広く使用される傾向にあり、加入者数、端末数等は飛躍的な増大傾向にある。情報伝送量の高速化を目的に搬送波の周波数そのものは更に高周波化の傾向にあり、無線 L A N システムにおいては 5 G H z の周波数帯域まで商用化が開始されている。

【0 0 0 3】

これら高周波帯域を使用する通信機器に関しては、小型化、軽量化の要求が強い。特に、パーソナルコンピュータ（P C）の用途においては、通信機器を P C カードとして使用する需要が多く、P C カードは数 m m 程度に薄く製作する必要がある。

【0 0 0 4】

P C カードとして使用される無線機器は、一般的に、高周波（R F）を処理する R F フロントエンド部と、デジタル信号処理を行うベースバンド（B B）部とを備えている。ベースバンド部は信号の変調や復調をデジタル信号処理において行う部分である。このベースバンド部は、基本的にはシリコン（S i）基板をベースとした L S I チップによって構成することができるので、容易に 1 m m 以下に薄型にすることができる。

【0 0 0 5】

一方、R F フロントエンド部は、高周波信号をアナログ信号として増幅や周波数変換等を行う部分である。従って、R F フロントエンド部は、L S I チップだけで構成することが技術的に難しく、発振器、フィルタ等の多くの受動部品を含む複雑な構成になる。受動部品のうち、フィルタには誘電体フィルタや L C フィルタが使用されている。これらのフィルタにおいては、空洞共振器や L C 回路の通過帯域特性を利用することによって高周波信号がフィルタリングされているので、本質的に小型化が難しく、数 m m 以下に薄型化することが極めて難しい。すなわち、高周波帯域を使用する通信機器の小型化、薄型化には限界があった。

【0 0 0 6】

この種の課題を解決する技術として、例えば下記特許文献 1 に開示されている薄膜圧電共振器（F B A R : Film Bulk Acoustic Wave Resonator）が注目されている。薄膜圧電共振器は、窒化アルミニウム（A l N）や酸化亜鉛（Z n O）からなる圧電体薄膜を 2 枚の下部電極と上部電極との間に挟み込み、この圧電体薄膜を基板上においてこの基板に形成された空洞上に備えている。この薄膜圧電共振器は空気層に接した下部電極及び上部電極と圧電体薄膜とを合わせた厚み方向に周波数の共振を得るものである。成膜技術において容易に製造可能な範囲である 0 . 5 μ m ~ 数 μ m の厚さが数 G H z の周波数に相当しており、G H z 帯域の高周波の共振器を簡易に製作することができる。

【0 0 0 7】

薄膜圧電共振器においては、2 個を直列に接続し、1 個を並列に接続することにより、ラダー型の帯域通過フィルタとして構築することができる。帯域通過フィルタにおいては、直列接続と並列接続との双方の薄膜圧電共振器の中心周波数を僅かに変える、例えば前者の共振周波数に対して後者の反共振周波数が一致するように調整されている。

【0 0 0 8】

このような薄膜圧電共振器においては、基板上に薄膜を成膜する成膜技術によって製作することができるので、小型化を容易に実現することができ、特に一般的なフィルタにお

いては実現することが難しい1mm以下の厚さを容易に実現することができる。また、薄膜圧電共振器は、基板にSi基板を使用することができ、半導体製造技術を利用して製作することができるので、トランジスタ、IC、LSI等との整合性も高く、これらとの実装も容易に行える。

【特許文献1】特開2000-69594号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

しかしながら、前述の薄膜圧電共振器において、トランジスタ、IC、LSI等の増幅素子、又はコンデンサ、抵抗器、インダクタ等と一緒に実装して高周波モジュールを構築する場合、以下のような課題が新たに発生した。

【0010】

前述のように、薄膜圧電共振器は圧電体薄膜の膜厚方向に発生するバルク定在波による共振を用いて動作するが、同様に横方向に対しても電極端や圧電膜端を境界条件として定在波の固有値解が存在するために、横モード定在波が発生する。この横モード定在波の波長はバルク波と異なるために、バルク波と結合して種々の寄生振動モード（スプリアス）が発生する。このスプリアスが発生すると高周波信号特性（スミスチャート）上にリプル等の変動が発生し、薄膜圧電共振器の共振特性が大きく劣化し、又共振特性のばらつきが大きくなる。

【0011】

この種の課題を解決するため、図14に示すように、薄膜圧電共振器の上層電極104の平面形状を不整多角形とし、横モード定在波を抑制する技術が提案されている。しかしながら、上層電極104の平面形状がいびつであり、この形状に応じて上層電極104の平面サイズが大型化されてしまうので、複数の薄膜圧電共振器を組み合わせるフィルタの小型化を実現することができない。

【0012】

また、図15及び図16に示すように、薄膜圧電共振器100において、上層電極104端にダンパー層105を設け、このダンパー層105により横モード定在波をダンピングする技術が提案されている。薄膜圧電共振器100は、キャビティ101Hを有する基板101と、キャビティ101H上の下層電極102と、下層電極102上の圧電膜103と、圧電膜103上の上層電極104とを備えている。しかしながら、薄膜圧電共振器100の製造プロセスにおいて、ダンパー層105を形成する新たな工程を増加する必要があり、製造工程数が増加するばかりか、製造工程数の増加に伴い歩留まりが低下する。更に、薄膜圧電共振器100の製造プロセスにおいては、ダンピング効果を向上するために、上層電極104端面にダンパー層105の端面を一致する加工が行われるが、その加工寸法マージンが十分に確保することができない。

【0013】

本発明は上記課題を解決するためになされたものであり、本発明の目的は、共振特性を向上しつつ小型化を実現することができる薄膜圧電共振器を提供することである。

【0014】

更に、本発明の目的は、上記目的を達成しつつ、製造工程数を削減して製造上の歩留まりを向上することができ、加工マージンを十分に確保することができる薄膜圧電共振器の製造方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0015】

本発明の実施の形態に係る第1の特徴は、薄膜圧電共振器において、空洞を有する基板と、空洞上の第1の電極と、第1の電極上の圧電体と、圧電体上の第2の電極と、を備え、第2の電極の周縁の一部が空洞に重複配置され、この第2の電極の周縁の一部の端面とその底面とがなす内角を30度以下に設定する。

【0016】

本発明の実施の形態に係る第 2 の特徴は、薄膜圧電共振器において、空洞を有する基板と、空洞上の第 1 の電極と、第 1 の電極上の圧電体と、圧電体上に配設され、周縁の一部が空洞に重複配置される第 2 の電極と、第 2 の電極上及び第 2 の電極が配設された領域以外の圧電体上に配設され、第 2 の電極の周縁上の膜厚に比べて中央部上の膜厚が薄い絶縁体とを備える。

【0 0 1 7】

本発明の実施の形態に係る第 3 の特徴は、薄膜圧電共振器において、空洞を有する基板と、空洞上の第 1 の電極と、第 1 の電極上の圧電体と、圧電体上に配設され、周縁の一部が空洞に重複配置され、この周縁の一部の端面とその底面とがなす内角を 3 0 度以下に設定した第 2 の電極と、第 2 の電極上及び第 2 の電極が配設された領域以外の圧電体上に配設され、第 2 の電極の周縁上の膜厚に比べて中央部上の膜厚が薄い絶縁体とを備える。

【0 0 1 8】

本発明の実施の形態に係る第 4 の特徴は、薄膜圧電共振器において、空洞を有する基板と、空洞上の第 1 の電極と、第 1 の電極上の圧電体と、圧電体上に配設され、周縁の一部が空洞に重複配置され、この周縁の一部の端面とその底面とがなす内角を 3 0 度以下に設定した第 2 の電極と、第 2 の電極上及び第 2 の電極が配設された領域以外の圧電体上に配設され、第 2 の電極の周縁上の膜厚に比べて中央部上の膜厚が薄い絶縁体とを備える。

【0 0 1 9】

本発明の実施の形態に係る第 5 の特徴は、薄膜圧電共振器において、空洞を有する基板と、空洞上の第 1 の電極と、第 1 の電極上の圧電体と、圧電体上に配設され、周縁の一部が空洞に重複配置された第 2 の電極と、第 2 の電極上及び第 2 の電極が配設された領域以外の圧電体上に配設され、圧電体上の膜厚、第 2 の電極の周縁上の圧電体表面からの膜厚、第 2 の電極上の圧電体表面からの膜厚が順次厚く設定された絶縁体とを備える。

【0 0 2 0】

本発明の実施の形態に係る第 6 の特徴は、薄膜圧電共振器の製造方法において、基板上に空洞を形成する工程と、空洞上に第 1 の電極を形成する工程と、第 1 の電極上に圧電体を形成する工程と、圧電体上に電極形成層を形成する工程と、電極形成層上に周縁の一部が空洞に重複配置されるレジスト層を形成する工程と、底面とのなす内角が鋭角になる範囲内においてレジスト層の端面を加工したマスクを形成する工程と、マスクを使用し前記電極形成層をパターンニングすることにより第 2 の電極を形成するとともに、マスクの加工された端面の形状を第 2 の電極の端面に転写し、この第 2 の電極の端面を底面とのなす内角が鋭角になる範囲内において加工する工程とを備える。

【発明の効果】

【0 0 2 1】

本発明によれば、共振特性を向上しつつ小型化を実現することができる薄膜圧電共振器を提供することができる。

【0 0 2 2】

更に、本発明によれば、製造工程数を削減しつつ製造上の歩留まりを向上することができる、加工マージンを十分に確保することができる薄膜圧電共振器の製造方法を提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0 0 2 3】

以下、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。

【0 0 2 4】

(第 1 の実施の形態)

[薄膜圧電共振器の構造]

図 1 乃至図 3 に示すように、本発明の第 1 の実施の形態に係る薄膜圧電共振器 1 は、空洞 (キャビティ) 2 H を有する基板 2 と、空洞 2 上の第 1 の電極 (下層電極) 5 と、第 1 の電極 5 上の圧電体 6 と、圧電体 6 上の第 2 の電極 7 とを備え、第 2 の電極 7 の周縁の一部 7 1 が空洞 2 H に重複配置され、この第 2 の電極 7 の周縁の一部 7 1 の端面とその底面

とがなす内角 θ （図3参照。）を30度以下に設定されている。更に、第2の電極7の周縁の一部71の端面とその底面とがなす内角 θ は15度以上に設定されている。すなわち、第1の実施の形態において、内角 θ は15度以上30度以下に設定されている。

【0025】

第1の実施の形態において、基板2にはシリコン（Si）基板が使用されている。空洞2Hは、基板2の表面からその裏面に向かって同一平面形状（例えば方形形状）において貫通した穴により構成されている。また、空洞2H内部に音響反射層を備える構造を採用する薄膜圧電共振器1においては、空洞2Hは基板2の表面から深さ方向に基板2の厚さの一部を掘り下げて形成した止め穴により構成される。ここで、「空洞2Hに重複配置される」とは、基板2の表面をその真上から見て、空洞2Hに重なり合って配置されるという意味において使用されている。

【0026】

第1の電極5は基板2の表面側において空洞2H上に配置されており、空洞2Hとの重複領域が実効的な第1の電極5として使用されている。第1の電極5と同一層により構成されかつ一体に構成され（電氣的に接続され）、空洞2Hと重複しない領域において基板2の表面上に配設された部分は引出配線として使用されている。第1の電極5には、例えばアルミニウム（Al）、アルミニウム合金等の金属膜を主体に形成されており、圧電体6の配向性を高めるために下側をアモルファス構造とする二重構造が採用されている。

【0027】

圧電体6は、第1の電極5上に配置され、空洞2Hの全域を覆うようにこの空洞2Hに重複して配設されている。圧電体6は例えば窒化アルミニウム（AlN）を実用的に使用することができる。

【0028】

第2の電極7は圧電体6の表面上において空洞2H上に配置されており、空洞2Hとの重複領域が実効的な第2の電極7として使用されている。第2の電極7と同一層により構成されかつ一体に構成され（電氣的に接続され）、空洞2Hと重複しない領域において圧電体6の表面上に配設された部分は引出配線として使用されている。第2の電極7には、例えばモリブデン（Mo）を実用的に使用することができる。

【0029】

薄膜圧電共振器1においては、空洞2H、第1の電極5、圧電体6、第2の電極7のそれぞれの重複領域の橋梁部分が励振部を構築する。この励振部は第1の電極5と第2の電極7との間に電圧を印加することにより振動させることができ、薄膜圧電共振器1の共振特性を得ることができる。

【0030】

第1の電極5には第1の配線8Aが電氣的に接続され、第2の電極7には第2の配線8Bが電氣的に接続されている。第1の配線8Aは、空洞2Hと重複しない領域において、基板2上に配置されており、ダミーパッド3を介して第1の電極5に電氣的に接続されている。第1の配線8Aには例えばMoを使用することができる。第2の配線8Bは、第1の配線8Aと同様に、空洞2Hと重複しない領域において、基板2上に配置されている。

【0031】

ダミーパッド3は、導電性を有し、かつ第1の電極5及び圧電体6に対してエッチング選択性を有し、第1の電極5の引出配線（第1の電極5と同一層）と圧電体6の周縁との重複領域に配設されている。ダミーパッド3は、製造プロセス中の圧電体6のパターンニング工程において、圧電体6のパターンニングとともに引出配線がパターンニングされて断線することを防止し、引出配線（第1の電極5）と第1の配線8Aとの間の電氣的な接続を確実に実現する中継配線として構成されている。ダミーパッド3には例えばMoを使用することができる。ダミーパッド3の段差を乗り越える第1の配線8Aのステップカバレッジを向上するために、ダミーパッド3の側面と底面とがなす内角は鋭角好ましくは30度以上60度以下に設定されている。

【0032】

[薄膜圧電共振器の特性]

図3に薄膜圧電共振器1の第2の電極7の周縁の一部71の拡大断面を示し、図4に第2の電極7の周縁の一部71の端面と底面とがなす内角 θ と反共振点との関係を示す。第1の実施の形態に係る薄膜圧電共振器1においては、横モード定在波に対する第2の電極7端を固定端とする境界条件を緩和し、定在波の周波数を実効的に分散することにより、スプリアスを抑制することができる。定在波そのものを完全に無くすることはできないが、少なくともスミスチャート上におけるリプル上のスプリアスを激減することができる。

【0033】

図3に示す第2の電極7の周縁の一部71の端面（緩斜面）の長さは重要であり、圧電体6のバルク波波長相当以上の長さが必要である。製作上の余裕を見込み、第2の電極7の周縁の一部71の端面の長さを圧電体6のバルク波波長相当以上の長さにするには、端面と底面とのなす内角 θ を30度以下に設定する必要がある。

【0034】

更に、図4に示すように、内角 θ の値が30度以下になると、この30度を境として反共振点が急激に上昇する。反共振点が上昇することにより、スプリアスを激減することができる。内角 θ が30度以下であって、更に角度を小さくするに従って反共振点が更に上昇する。一方、薄膜圧電共振器1の製造プロセスにおいて、第2の電極7の周縁の一部71（緩斜面）の加工寸法精度の誤差が、二次元加工上、大きくなるので、内角 θ は5度以下に設定することが好ましくない。第1の実施の形態においては、加工寸法精度の誤差が実用上問題とならない15度以上に設定している。

【0035】

図5に薄膜圧電共振器1の高周波特性を示す。図5において、横軸は周波数を示し、縦軸はインピーダンスを示している。符号「B」は第2の電極7の端面が垂直に加工された場合（ $\theta = 90$ 度）の高周波特性を示しており、高周波特性にスプリアスが顕著に出現している。これに対して、符号「A」は第1の実施の形態に係る薄膜圧電共振器1であって第2の電極7の周縁の一部71の内角 θ が30度以下に設定されている場合であり、高周波特性にスプリアスが出現していない。

【0036】

[薄膜圧電共振器の製造方法]

次に、前述の薄膜圧電共振器1の製造方法を、図6乃至図9を用いて説明する。まず最初に、基板2を準備する。基板2には例えばSi基板を実用的に使用することができる。

【0037】

図6に示すように、基板2の表面上（図6中、上側）において、後に形成される第1の電極5の引出配線と圧電体6の周縁とが重複する領域にダミーパッド3を形成する。ダミーパッド3には例えばスパッタリング法により成膜されたMo膜を使用することができ、このMo膜はフォトリソグラフィ技術により形成したマスクを用いてパターンニングされる。

【0038】

引き続き、高真空系内において、ダミーパッド3の表面上を含む、基板2の表面上の全面に第1の電極形成層、圧電体形成層のそれぞれを連続して成膜する（図7参照。）。第1の実施の形態においては、W-CDMA仕様の周波数に合わせて、第1の電極形成層には250nmの膜厚を有するAl合金膜を使用し、圧電体形成層には1700nmの膜厚を有するAlN膜を使用する。

【0039】

図7に示すように、圧電体形成層をパターンニングして圧電体6を形成し、引き続き第1の電極形成層をパターンニングして第1の電極5を形成する。パターンニングは連続して行われ、パターンニングは、フォトリソグラフィ技術により形成したマスクを用い、塩素（Cl）を使用する反応性ドライエッチングにより行われる。

【0040】

次に、圧電体6の表面上を含む、基板2の表面上の全面に第2の電極形成層を形成する

(図8参照。)。第2の電極形成層には、例えば250nmの膜厚を有し、スパッタリング法により成膜されたMo膜を使用する。引き続き、第2の電極形成層の表面上において第2の電極7及びその引出電極の形成領域に、フォトリソグラフィ技術によりフォトリソグロスト膜を形成する。このフォトリソグロスト膜に、150℃以上の温度において、10分～20分程度のベーキング処理を行い、このフォトリソグロスト膜から図8に輪郭を破線において示すマスク(エッチングマスク)75を形成する。ベーキング処理を施したことにより、マスク75の端面には、第2の電極7の周縁の一部71に施すテーパ面と同様のテーパ面を生成することができる。つまり、マスク75において、端面の底面とのなす内角を鋭角好ましくは15度以上30度以下に製作することができる。

【0041】

図8に示すように、マスク75を用い、第2の電極形成層をパターンニングすることにより、第2の電極形成層から第2の電極7を形成するとともに、マスク75の端面のテーパ面が第2の電極7の周縁の一部71に転写され、この一部71の内角 θ を前述の角度範囲内に加工することができる。第2の電極7が形成された後、マスク75は除去される。

【0042】

引き続き、第1の電極5にダミーパッド3を通して電氣的に接続される第1の配線8A並びに第2の電極7に電氣的に接続される第2の配線8Bを同一製造工程において形成する(図9参照。)

【0043】

この後、図9に示すように、基板2の裏面から表面に向かって基板2にエッチングを行い、空洞2Hを形成する。これら一連の製造工程が終了すると、第1の実施の形態に係る薄膜圧電共振器1を完成させることができる。

【0044】

[実施例]

第1の実施の形態に係る薄膜圧電共振器1の具体的な実施例について、図1乃至図3を参照しつつ、説明する。

【0045】

まず、薄膜圧電共振器1において、圧電体6つまりA1Nの配向性を高めるために、第1の電極5はその下層をアモルファス構造とする二重構造を採用する。A1Nの配向性を制御することにより、良好な共振特性を得ることができる。スパッタリング法により成膜されたA1Nの配向性はX線のロッキングカーブにおいて1.5°以下に制御した。また、A1Nの応力制御も行うことにより、橋梁部分を安定にしている。空洞2Hは、基板2の裏面から表面に向かって、高速反応性イオンエッチング(RIE)を使用して基板2をくり抜くことにより形成した。第1の配線8A及び第2の配線8Aには金(Au)又はAlを使用した。

【0046】

このように構成される薄膜圧電共振器1は2GHz帯において動作し、電気機械結合定数は6.7%、共振のQ値は800の数値を得ることができた。製造プロセス時のSiウエハにおける面内分布も優れており、6インチウエハ全面においてこれらの特性を再現良く得ることができた。

【0047】

以上説明したように、第1の実施の形態に係る薄膜圧電共振器1においては、第2の電極7の周縁の一部71の内角 θ を15度以上30度以下にすることにより共振特性を向上することができるので、第2の電極7の平面形状を不整多角形のようないびつな形状にすることがなくなり、共振特性を向上しつつ小型化を実現することができる。

【0048】

更に、第1の実施の形態に係る薄膜圧電共振器1の製造方法においては、第2の電極形成層上に周縁の一部が空洞2Hに重複配置されるフォトリソグロスト膜を形成し、底面とのなす内角が鋭角になる範囲内においてフォトリソグロスト膜の端面を加工したマスク75を形成し、マスク75を使用し第2の電極形成層をパターンニングすることにより第2の電極7

を形成するとともに、マスク 75 の加工された端面の形状を第 2 の電極 7 の端面に転写し、この第 2 の電極 7 の端面を底面となす内角 θ が 15 度以上 30 度以下になる範囲内において加工している。そして、マスク 75 の端面の加工は、フォトリソ膜のパターンニング後にベーク処理をするだけである。従って、ダンパー層を新たに製造する必要がなくなるので、製造工程数を削減しつつ製造上の歩留まりを向上することができる。

【0049】

(第 2 の実施の形態)

本発明の第 2 の実施の形態は、前述の第 1 の実施の形態に係る薄膜圧電共振器 1 のスプリアス抑制効果を更に向上するとともに、長期信頼性の確保を図った例を説明するものである。なお、第 2 の実施の形態並びにこれ以降の実施の形態において、前述の第 1 の実施の形態において説明した構成要素と同一の構成要素には同一符号を付け、その同一の構成要素の説明は重複するので省略する。

【0050】

第 2 の実施の形態に係る薄膜圧電共振器 1 は、図 10 に示すように、第 2 の電極 7 の周縁の一部 71 の端面上を含む第 2 の電極 7 上、及び第 2 の電極 7 が配設された領域以外の圧電体 6 上に、第 2 の電極 7 の表面に直接接して、第 2 の電極 7 と異なる誘電率を有しかつ均一な膜厚を有する絶縁体 (パッシベーション膜) 9 を更に備えている。第 2 の実施の形態において、絶縁体 9 には CVD 法により成膜され、2 nm ~ 50 nm 程度の膜厚を有するシリコン窒化 (Si_3N_4) 膜を実用的に使用することができる。また、絶縁体 9 は、シリコン窒化膜に代えて、シリコン酸化 (SiO_2) 膜、AlN 膜等、第 2 の電極 7 に対して誘電率が異なる絶縁性薄膜により構成することができる。また、段差構造部分においてステップカバレッジを十分に確保することができ、膜応力を十分に許容することができるのであれば、絶縁体 9 はスパッタ法やエレクトロニガン (Eガン) により成膜することができる。

【0051】

絶縁体 9 は、第 2 の電極 7、圧電体 6 等、薄膜圧電共振器 1 の酸化による劣化を防止することができる、長期信頼性を十分に確保することができる。更に、絶縁体 9 は、第 2 の電極 7 の周縁の一部 71 の固定端境界条件を圧電体 6 と大気と接する界面を用いるのではなく、圧電体とより音響インピーダンスが近い材料 (絶縁体 9) と接する界面を用いているので、定在波の周波数を実効的に分散することができ、より一層スプリアスを抑制することができる。そして、絶縁体 9 は、第 2 の電極 7 上や圧電体 6 上に成膜し、空洞 2H に重複する領域においてパターンニング等の加工を必要としないので、製造プロセス上の加工マージンを向上することができる。

【0052】

(第 3 の実施の形態)

本発明の第 3 の実施の形態は、前述の第 2 の実施の形態に係る薄膜圧電共振器 1 において、第 2 の電極 7 の周縁の一部 71 の断面形状並びに第 2 の電極 7 上を覆う絶縁体 9 の断面形状を変えた例を説明するものである。

【0053】

第 3 の実施の形態に係る薄膜圧電共振器 1 は、図 11 に示すように、空洞 2H を有する基板 2 と、空洞 2H 上の第 1 の電極 5 と、第 1 の電極 5 上の圧電体 6 と、圧電体 6 上に配設され、周縁の一部 71 が空洞 2H に重複配置される第 2 の電極 7 と、第 2 の電極 7 上及び第 2 の電極 7 が配設された領域以外の圧電体 6 上に配設され、第 2 の電極 7 の周縁上の膜厚に比べて中央部上の膜厚が薄い絶縁体 9 とを備えている。

【0054】

第 1 の実施の形態及び第 2 の実施の形態に係る薄膜圧電共振器 1 の第 2 の電極 7 の周縁の一部 71 の断面形状と異なり、第 3 の実施の形態に係る薄膜圧電共振器 1 の第 2 の電極 7 の周縁の一部 71 の端面とその底面となす内角 θ は 90 度若しくはその近傍の角度に設定されている。

【0055】

絶縁体 9 は、圧電体 6 上から第 2 の電極 7 の周縁上に渡って厚い膜厚を有する第 1 の絶縁体 9 A と、第 2 の電極 7 の中央部上の薄い膜厚を有する第 2 の絶縁体 9 B とを備えている。この第 1 の絶縁体 9 A 及び第 2 の絶縁体 9 B は、同一製造工程により成膜された同一層の絶縁薄膜を部分的に（第 2 の電極 7 の中央部上のみ）エッチングにより取り除くことによって形成することができる。

【0056】

絶縁体 9 の膜厚が厚い第 1 の絶縁体 9 A は、空洞 2 H と重複する領域において、圧電体 6 上（地点 9 a）、圧電体 6 と第 2 の電極 7 の周縁との境界上（地点 9 b）、第 2 の電極 7 の周縁上（地点 9 c）のそれぞれに渡って、第 2 の電極 7 の膜厚が加算され、徐々に見かけ上の実効的な膜厚（ t_a 、 t_b 、 t_c ）を厚く設定している。第 2 の電極 7 の周縁の一部 7 1 の位置と絶縁体 9（第 2 の絶縁体 9 A）の膜厚の変化位置とを適切に設定することにより、定在波の周波数を実効的に分散することができ、スプリアスを抑制することができる。このスプリアスの抑制には、絶縁体 9 の膜厚が薄くなる位置、すなわち第 1 の絶縁体 9 A と第 2 の絶縁体 9 B との間の境界位置が大きく影響している。

【0057】

図 1 2 に、第 2 の電極 7 の周縁の一部 7 1 の端面から第 1 の絶縁体 9 A と第 2 の絶縁体 9 B との境界位置までの間の寸法 L と反共振点との関係を示す。図 1 2 中、横軸は寸法 L であり、縦軸は反共振点である。図 1 2 に示すように、第 2 の電極 7 の周縁の一部 7 1 から第 2 の電極 7 の中央部に向かう $1\mu\text{m} \sim 10\mu\text{m}$ の範囲内（寸法 L 内）において、膜厚が厚い第 2 の絶縁体 9 A が配設されることによって、反共振点の数値が高くなり、スプリアスの影響が小さくなる。特に、寸法 L が $2\mu\text{m} \sim 5\mu\text{m}$ の範囲内においては、スプリアスの影響が最も小さくなる。本発明者等が行った実施例においては、寸法 L を $3\mu\text{m}$ に設定したときにスプリアスを最も効率良く抑制することができた。

【0058】

（第 4 の実施の形態）

本発明の第 4 の実施の形態は、前述の第 2 の実施の形態に係る薄膜圧電共振器 1 と第 3 の実施の形態に係る薄膜圧電共振器 1 とを組み合わせた例を説明するものである。すなわち、第 4 の実施の形態に係る薄膜圧電共振器 1 は、図 1 3 に示すように、空洞 2 H を有する基板 2 と、空洞 2 H 上の第 1 の電極 5 と、第 1 の電極 5 上の圧電体 6 と、圧電体 6 上に配設され、周縁の一部 7 1 が空洞 2 H に重複配置され、この周縁の一部 7 1 の端面とその底面とがなす内角 θ を 30 度以下に設定した第 2 の電極 7 と、第 2 の電極 7 上及び第 2 の電極 7 が配設された領域以外の圧電体 6 上に配設され、圧電体 6 上の膜厚、第 2 の電極 7 の周縁上の圧電体 6 表面からの膜厚、第 2 の電極 7 上の圧電体 6 表面からの膜厚が順次厚く設定された絶縁体 9 とを備えている。

【0059】

このように構成される薄膜圧電共振器 1 においては、第 2 の実施の形態に係る薄膜圧電共振器 1 により得られる効果と第 3 の実施の形態に係る薄膜圧電共振器 1 により得られる効果とを組み合わせた効果を得ることができる。

【0060】

（その他の実施の形態）

なお、本発明は前述の実施の形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において、変更可能である。例えば、前述の実施の形態は、 2GHz の周波数帯域において使用される薄膜圧電共振器 1 について説明したが、本発明は、この周波数帯域に限定されるものではなく、 $800\text{MHz} \sim 5\text{GHz}$ までの間の周波数帯域を使用する薄膜圧電共振器に適用することができる。

【0061】

更に、前述の実施の形態に係る薄膜圧電共振器 1 は、フィルタを構築する場合を前提として説明しているが、本発明は、フィルタに限定されるものではなく、電圧制御発振器を構築してもよい。

【0062】

更に、前述の実施の形態に係る薄膜圧電共振器 1 は、F B A R 構造を採用する薄膜圧電共振器 1 について説明したが、本発明は、このような構造に限定されるものではなく、音響反射層を有する S M R (Surface Mounted Resonator) 構造に適用してもよい。

【図面の簡単な説明】

【0063】

【図 1】本発明の第 1 の実施の形態に係る薄膜圧電共振器の断面図（図 2 に示す F 1 - F 1 切断線において切断した断面図）である。

【図 2】図 1 に示す薄膜圧電共振器の平面図である。

【図 3】図 1 に示す薄膜圧電共振器の要部拡大断面図である。

【図 4】図 3 に示す薄膜圧電共振器の第 2 の電極端面の角度と反共振点との関係を示す図である。

【図 5】図 3 に示す薄膜圧電共振器の高周波特性を示す図である。

【図 6】図 1 及び図 2 に示す薄膜圧電共振器の製造方法を説明する第 1 の工程断面図である。

【図 7】第 2 の工程断面図である。

【図 8】第 3 の工程断面図である。

【図 9】第 4 の工程断面図である。

【図 10】本発明の第 2 の実施の形態に係る薄膜圧電共振器の要部拡大断面図である。

【図 11】本発明の第 3 の実施の形態に係る薄膜圧電共振器の要部拡大断面図である。

【図 12】図 11 に示す薄膜圧電共振器の第 2 の電極端面から絶縁体段差までの間の寸法と反共振点との関係を示す図である。

【図 13】本発明の第 4 の実施の形態に係る薄膜圧電共振器の要部拡大断面図である。

【図 14】本発明の先行技術に係る薄膜圧電共振器の上層電極の平面図である。

【図 15】本発明の先行技術に係る薄膜圧電共振器の断面図（図 16 に示す F 14 - F 14 切断線において切断した断面図）である。

【図 16】図 15 に示す薄膜圧電共振器の平面図である。

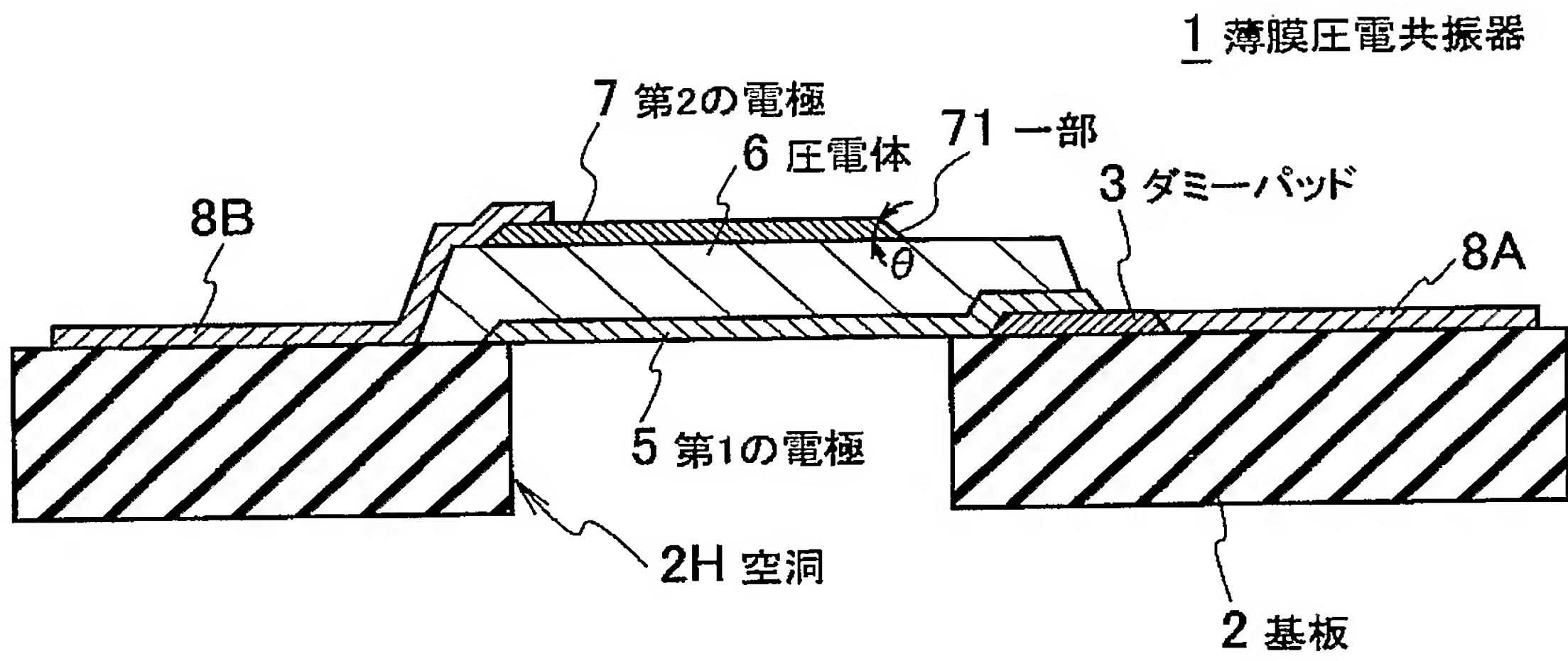
【符号の説明】

【0064】

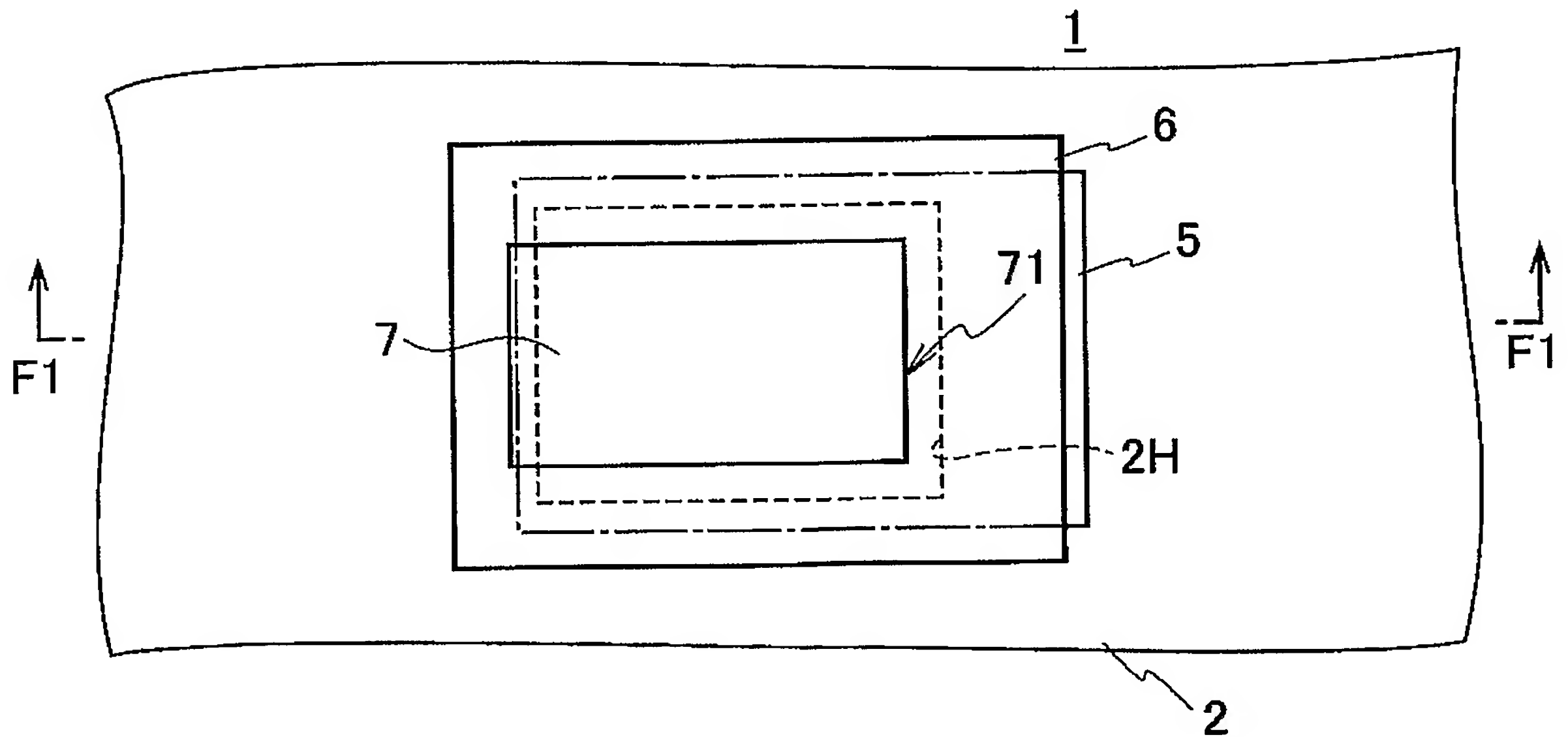
- 1 薄膜圧電共振器
- 2 基板
- 2 H 空洞
- 5 第 1 の電極
- 6 圧電体
- 7 第 2 の電極
- 7 1 一部（第 2 の電極 7）
- 9 絶縁体
- 9 A 第 1 の絶縁体
- 9 B 第 2 の絶縁体

【書類名】 図面

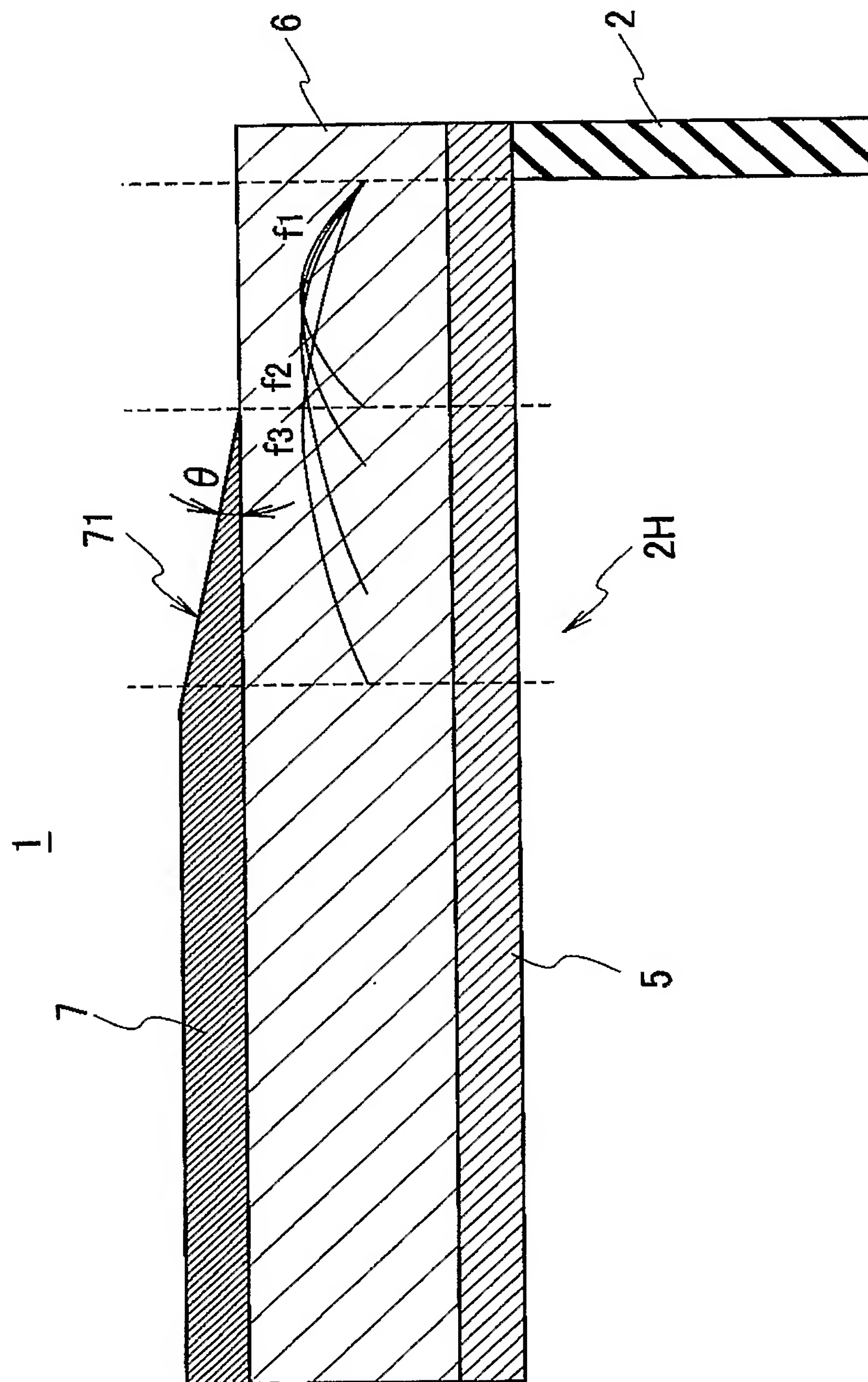
【図 1】



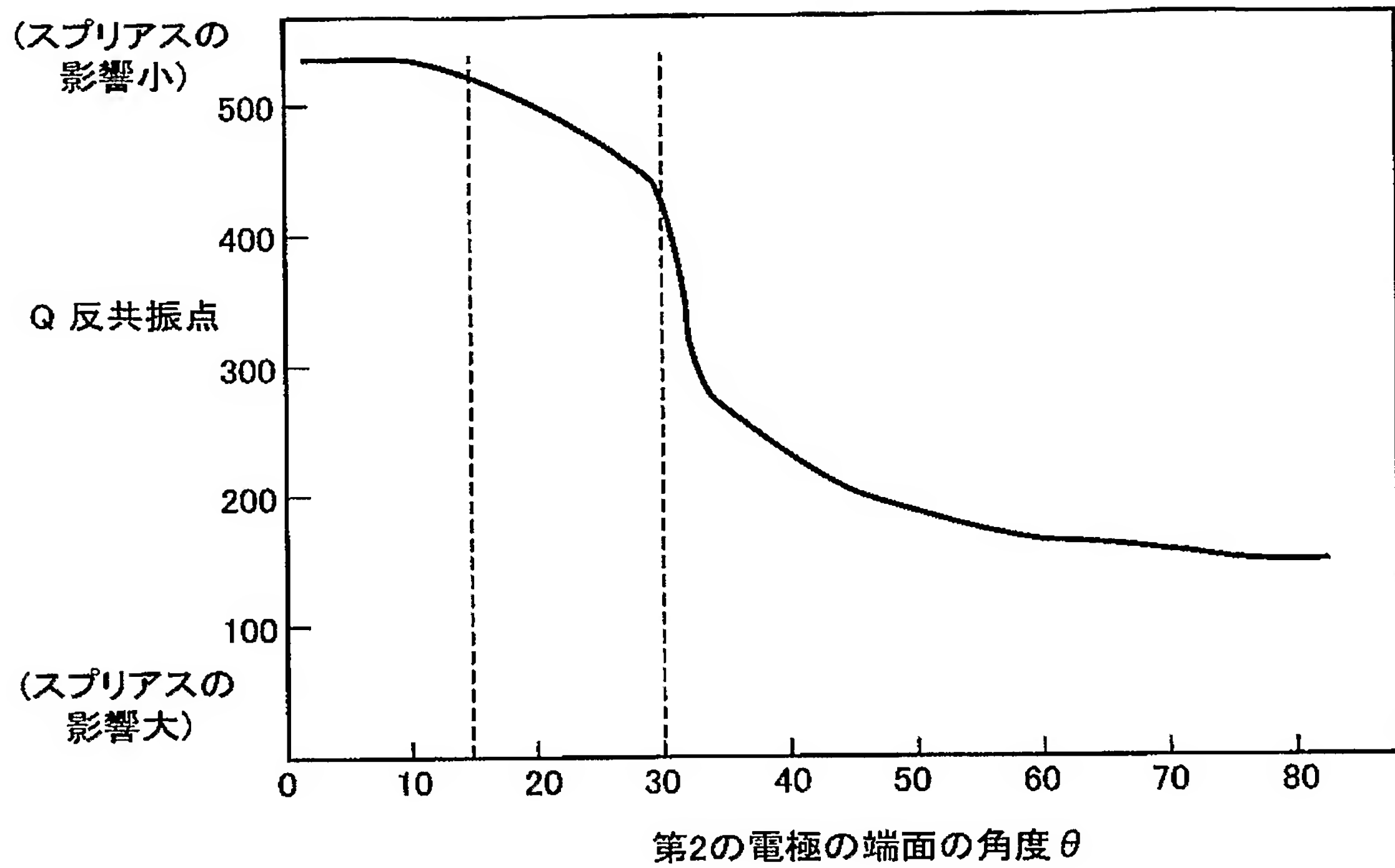
【図 2】



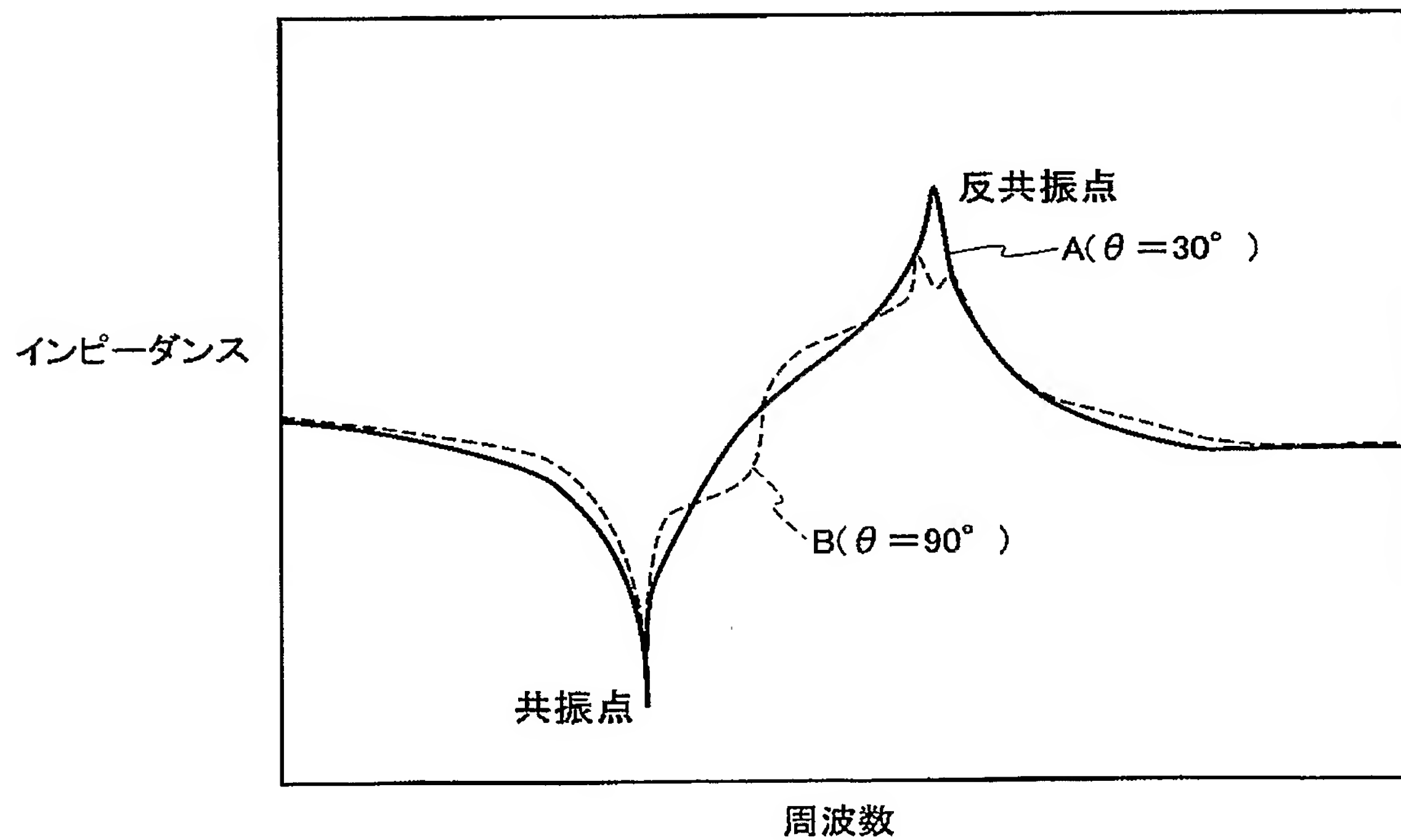
【図 3】



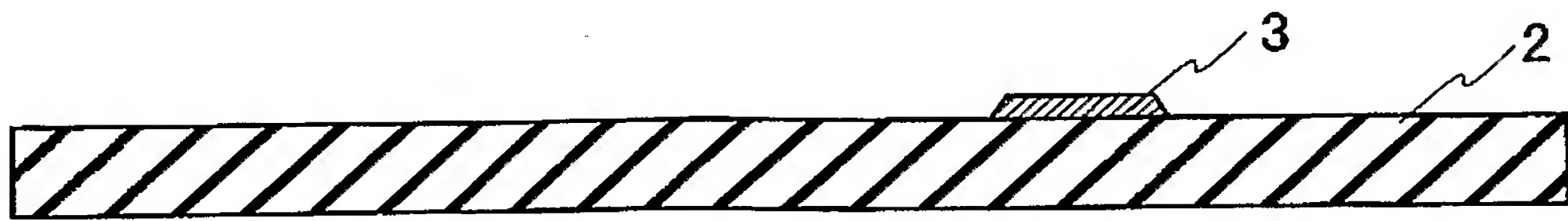
【図 4】



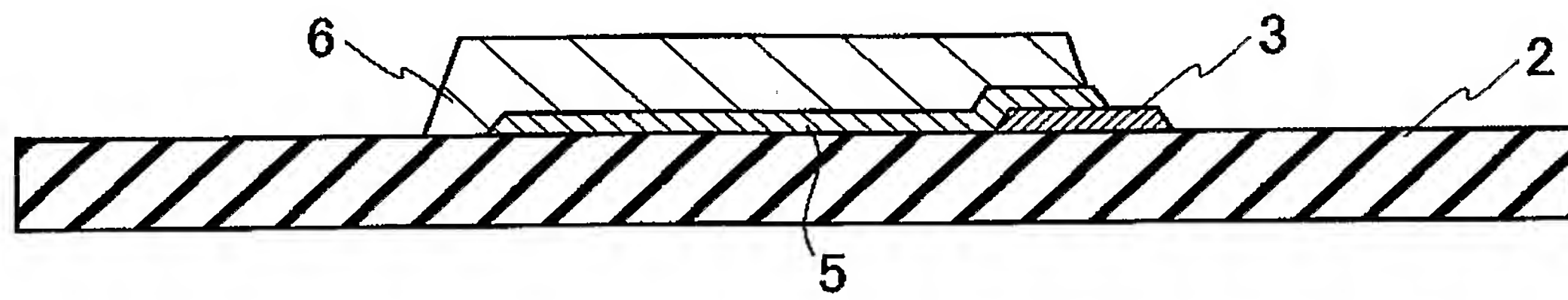
【図 5】



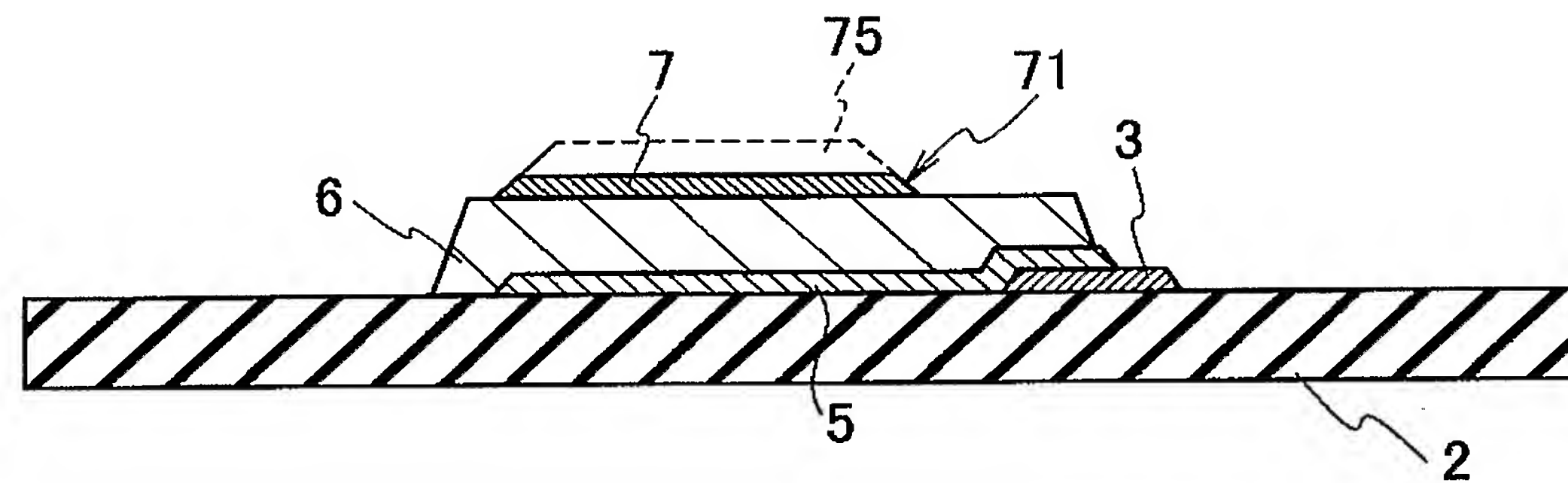
【図 6】



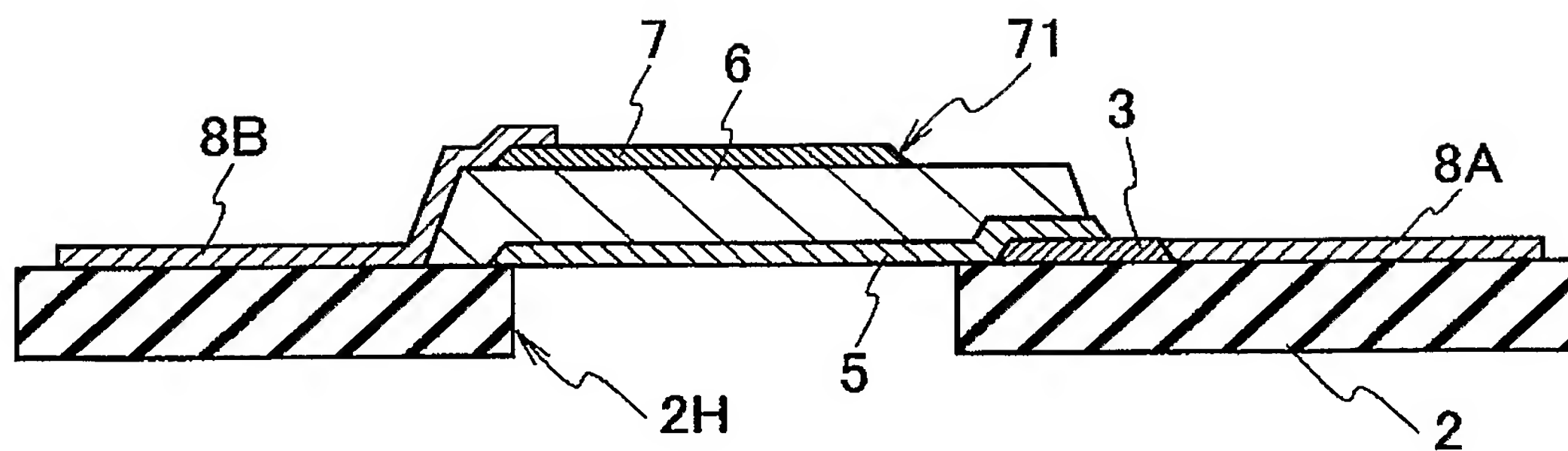
【図 7】



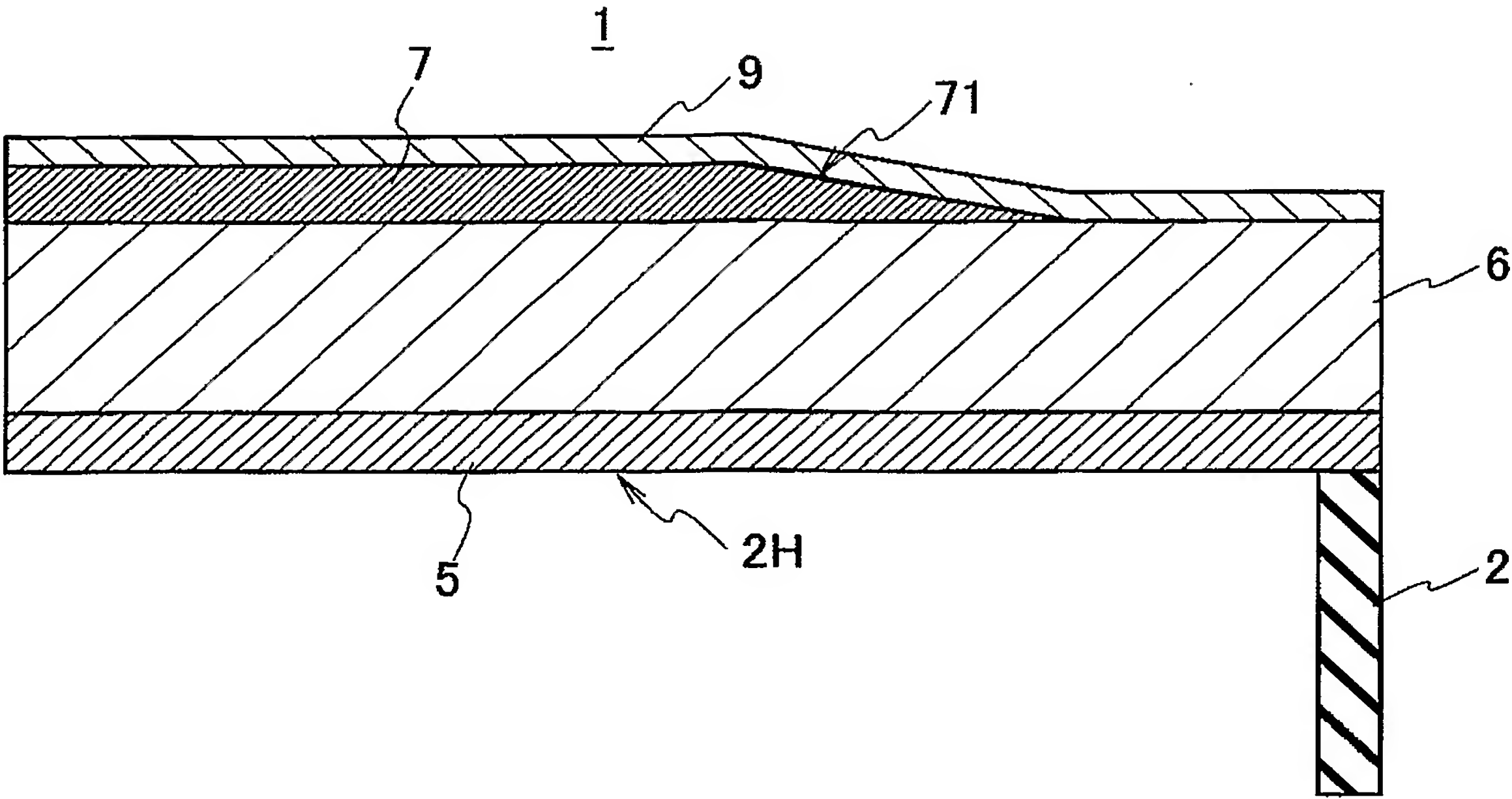
【図 8】



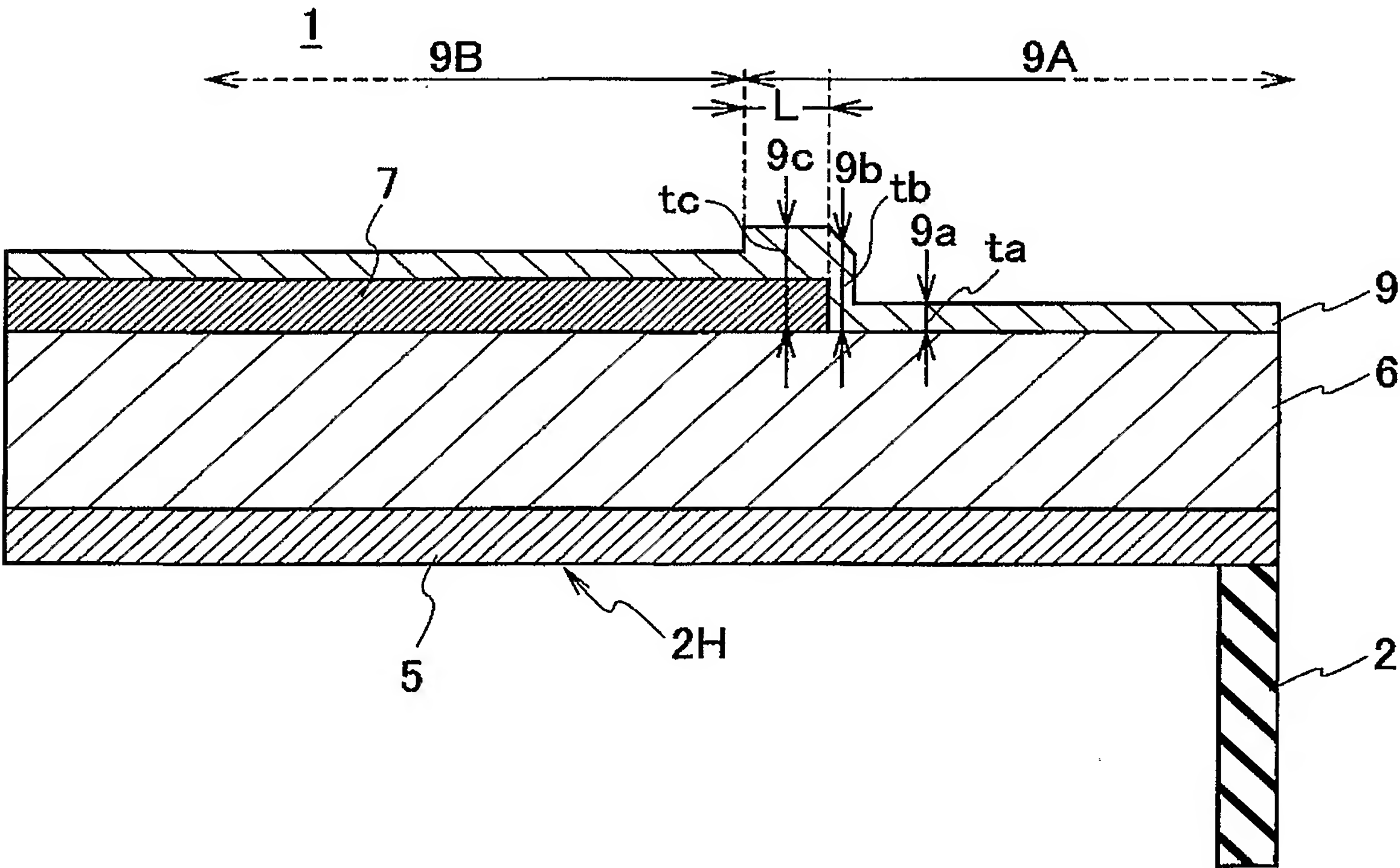
【図 9】



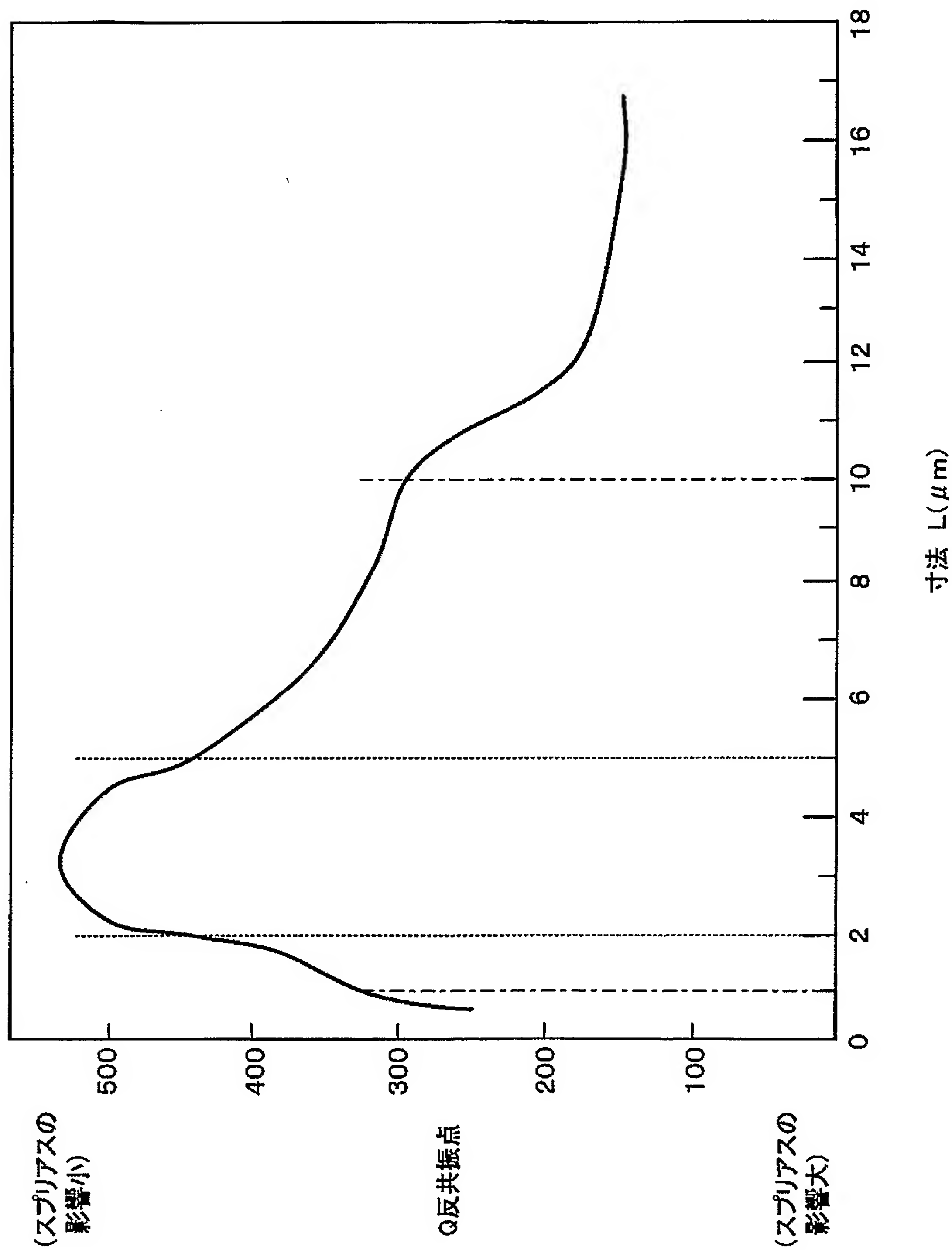
【図 10】



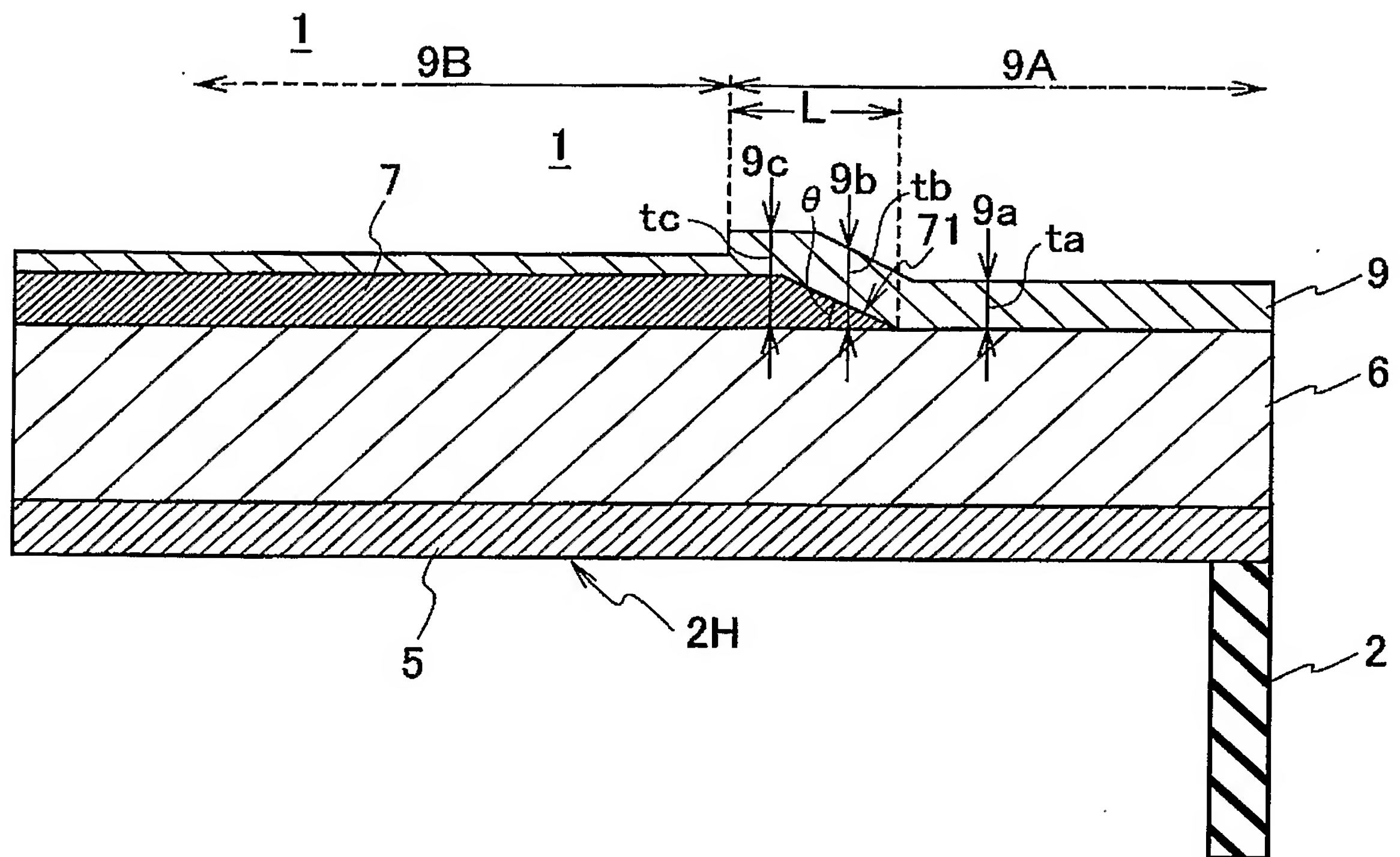
【図 11】



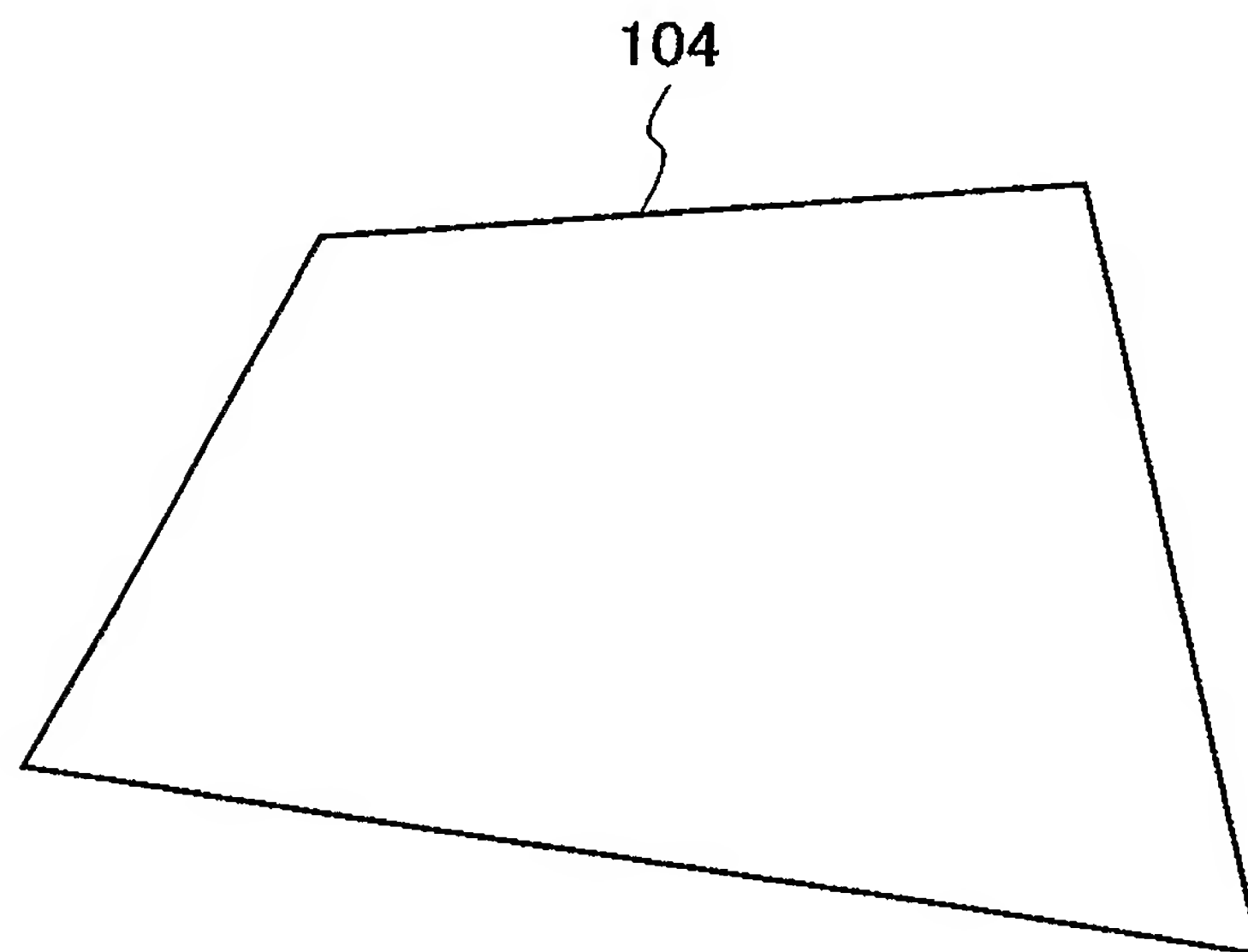
【図 12】



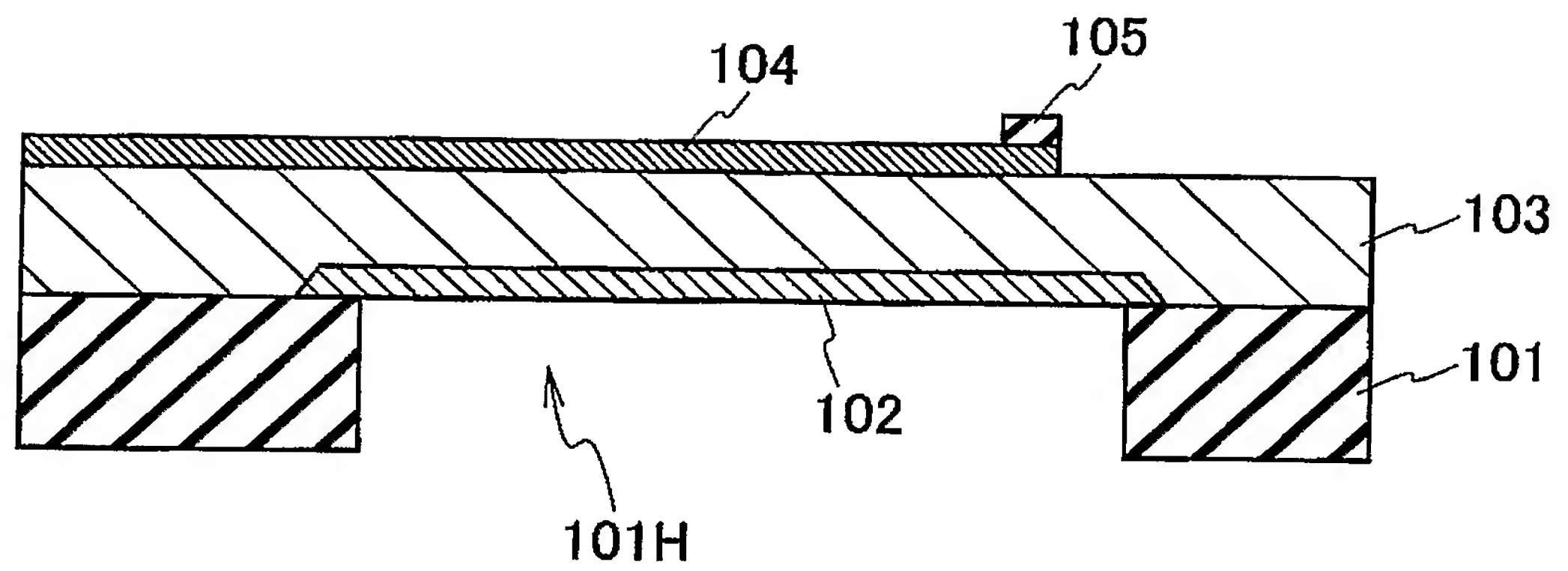
【図 13】



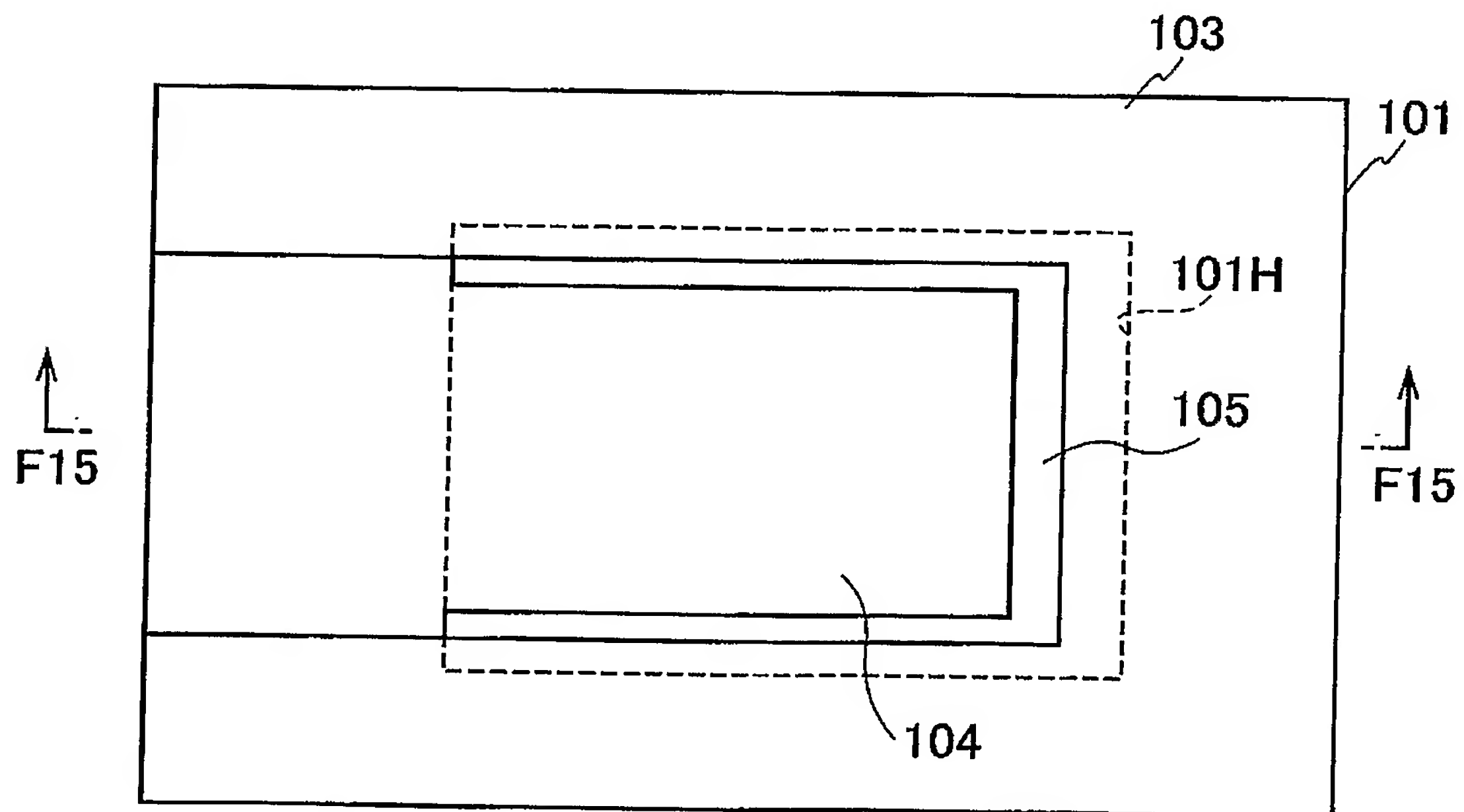
【図 14】



【図 15】



【図 16】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 共振特性を向上しつつ小型化を実現することができる薄膜圧電共振器を提供する。

【解決手段】 薄膜圧電共振器 1 において、空洞 2 H を有する基板 2 と、空洞 2 H 上の第 1 の電極 5 と、第 1 の電極 5 上の圧電体 6 と、圧電体 6 上の第 2 の電極 7 と、を備え、第 2 の電極 7 の周縁の一部 7 1 が空洞 2 H に重複配置され、この第 2 の電極 7 の周縁の一部 7 1 の端面とその底面とがなす内角 θ を 3 0 度以下に設定する。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 5 - 2 2 9 8 1 5

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 3 0 7 8]

1. 変更年月日

2 0 0 1 年 7 月 2 日

[変更理由]

住所変更

住 所

東京都港区芝浦一丁目 1 番 1 号

氏 名

株式会社東芝